

(19)日本国特許庁 (JP)

## (12) 公開特許公報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開2002-130589

(P2002-130589A)

(43)公開日 平成14年5月9日(2002.5.9)

(51)Int.Cl.<sup>7</sup>

F 16 N 7/38  
B 23 Q 11/12  
F 04 B 53/10  
F 16 C 33/66

識別記号

F I

テーマコード\*(参考)

F 16 N 7/38 E 3 C 0 1 1  
B 23 Q 11/12 E 3 H 0 7 1  
F 16 C 33/66 Z 3 J 1 0 1  
F 04 B 21/02 K

審査請求 未請求 請求項の数1 O.L (全 13 頁)

(21)出願番号

特願2000-324213(P2000-324213)

(22)出願日

平成12年10月24日(2000.10.24)

(71)出願人 000004204

日本精工株式会社

東京都品川区大崎1丁目6番3号

(72)発明者 杉山 健一

神奈川県藤沢市鵠沼神明1丁目5番50号

日本精工株式会社内

(72)発明者 綱本 大綱

神奈川県藤沢市鵠沼神明1丁目5番50号

日本精工株式会社内

(74)代理人 100105647

弁理士 小栗 昌平 (外4名)

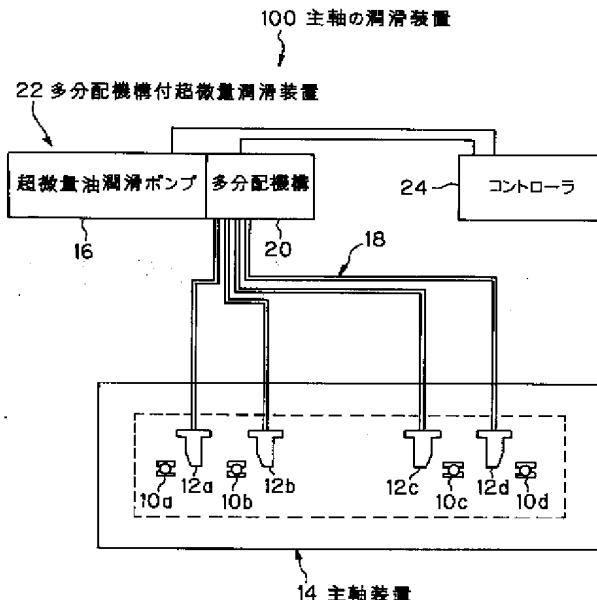
最終頁に続く

(54)【発明の名称】 主軸の潤滑装置

(57)【要約】

【課題】複数の軸受に対して超微量の潤滑油を均等に且つ確実に1つの潤滑装置から安定して分配供給できる主軸の潤滑装置を提供する。

【解決手段】軸と、この軸の軸方向に隔離して内輪内径面が嵌合された2個以上の軸受10a～10dと、軸受の外輪外径面と嵌合されたハウジングと、軸受に潤滑油を吐出するノズル12a～12dと、ノズルに微量の潤滑油を供給する超微量油潤滑ポンプ16を具備し、軸受の内輪と外輪とが転動体を介して相対的に回転可能となった主軸の潤滑装置100であって、超微量油潤滑ポンプ16とノズル12a～12dとの間に設けられ、複数の軸受に吐出速度10m/sec以上100m/sec以下、吐出量0.0005cc(m1)/ショット以上0.01cc(m1)/ショット以下の微量な潤滑油を分配供給する多分配機構20を備えた。



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 軸と、この軸の軸方向に隔離して内輪内径面が嵌合された2個以上の軸受と、前記軸受の外輪外径面と嵌合されたハウジングと、前記軸受に潤滑油を吐出するノズルと、前記ノズルに微量の潤滑油を供給する潤滑油供給装置を具備し、前記軸受の内輪と外輪とが転動体を介して相対的に回転可能となった主軸の潤滑装置であって、

前記潤滑油供給装置とノズルとの間に設けられ、複数の軸受に吐出速度 $10\text{ m/sec}$ 以上 $100\text{ m/sec}$ 以下、吐出量 $0.0005\text{ cc (m1)}$ ／ショット以上 $0.01\text{ cc (m1)}$ ／ショット以下の微量な潤滑油を分配供給する多分配機構を備えたことを特徴とする主軸の潤滑装置。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、工作機械等の各種高速回転機械の軸に潤滑油を供給する主軸の潤滑装置に関する、特に複数の軸受に潤滑油を分配供給する技術に関する。

## 【0002】

【従来の技術】従来、高速回転主軸用の軸受の潤滑には、通常、オイルミスト方式、オイルエア方式、ジェット方式等の各種方式の潤滑装置が使用されている。

【0003】オイルミスト方式の潤滑装置は、油溜り、ポンプ、プランジャ、分配器、圧縮空気源、電磁バルブ及びノズルを有して構成され、潤滑油を微細な霧状にし、圧縮空気により空気配管中を搬送し、軸受内部に向けて噴出させるものである。

【0004】オイルエア方式の潤滑装置は、油タンク、ポンプ、分配器、圧縮空気源、プランジャ及びノズルを有して構成され、プランジャの機械的機構により一定量に調整された潤滑油滴( $0.01\sim0.03\text{ cc (m1)}$ )を空気配管中に吐出し、空気によりノズルまで運び、軸受内部に向けて噴出させるものである。

【0005】ジェット方式の潤滑装置は、空気源を用いず、高圧ポンプにより潤滑油を高圧にし、吐出径を絞ったノズルから潤滑油を高速で軸受内部に向けて噴出させる。

## 【0006】

【発明が解決しようとする課題】ところが、上述した各装置においては幾つかの問題がある。まず、オイルミスト方式の潤滑装置については、潤滑油のミストが大気中に飛散するため作業環境の悪化を引き起こすと共に、軸受内部に供給される潤滑油の量が不確定になる。

【0007】オイルエア方式の潤滑装置については、微量の潤滑油を連続して安定供給することが困難であるため、間欠給油せざるを得ず、一定時間(通常 $8\sim16$ 分が多い)毎に一定量(通常 $0.01\text{ cc (m1)}$ ～ $0.03\text{ cc (m1)}$ )の潤滑油をエア配管内に供給する。

従って、軸受内部に供給される潤滑油量が時間毎に変化するため、軸受内部の潤滑状態は常に変化する。特に潤滑油が供給された直後は、軸受内部に潤滑油が多く入るため、軸受トルクや軸受温度が変動するという現象が生じる。このような現象が生じると、例えば工作機械等では、加工精度に悪影響を与えることが懸念される。また、上記のオイルミスト方式、オイルエア方式の潤滑装置では、共に潤滑油の供給手段として圧縮エアを使用するため騒音レベルが大きくなる。さらに、主軸回転速度が速くなると、軸受周辺において、回転に伴って発生する空気の壁(エアカーテン)の影響が大きくなり、 $d_m \cdot N$ が $200$ 万( $d_m$ は軸受のピッチ円径( $\text{mm}$ )、 $N$ は軸受の回転速度( $\text{rpm}$ ))以上では、潤滑油が軸受内部に殆ど供給されず、軸受の焼付きなどが生ずる恐れがある。

【0008】ジェット方式の潤滑装置については、上記したエアカーテンの影響は殆ど受けないが、高圧ポンプを含む付帯装置が必要になるうえ、軸受に供給される油量が多く、攪拌抵抗が大きくなり、主軸を駆動させるためのモータは大きなものが必要となる。その結果、装置コストが高くなるという問題がある。

【0009】上記の事情から、超微量の潤滑油を軸受内部に直接ピンスポット的に供給する特開2000-110711号公報記載の潤滑装置が開発されている。しかしこの潤滑装置においては、単一の潤滑油供給位置に潤滑油を供給するだけで、複数の軸受それぞれに超微量の潤滑油を如何にして供給するかが課題となっていた。

【0010】本発明は上記状況に鑑みてなされたもので、複数の軸受に対して超微量の潤滑油を均等に且つ確実に1つの潤滑装置から安定して分配供給できる主軸の潤滑装置を提供することを目的とする。

## 【0011】

【課題を解決するための手段】上記目的を達成するための本発明に係る請求項1記載の主軸の潤滑装置は、軸と、この軸の軸方向に隔離して内輪内径面が嵌合された2個以上の軸受と、前記軸受の外輪外径面と嵌合されたハウジングと、前記軸受に潤滑油を吐出するノズルと、前記ノズルに微量の潤滑油を供給する潤滑油供給装置を具備し、前記軸受の内輪と外輪とが転動体を介して相対的に回転可能となった主軸の潤滑装置であって、前記潤滑油供給装置とノズルとの間に設けられ、複数の軸受に吐出速度 $10\text{ m/sec}$ 以上 $100\text{ m/sec}$ 以下、吐出量 $0.0005\text{ cc (m1)}$ ／ショット以上 $0.01\text{ cc (m1)}$ ／ショット以下の微量な潤滑油を分配供給する多分配機構を備えたことを特徴とする。

【0012】この主軸の潤滑装置によれば、多分配機構により、複数の軸受に対して吐出速度 $10\text{ m/sec}$ 以上 $100\text{ m/sec}$ 以下、吐出量 $0.0005\text{ cc (m1)}$ ／ショット以上 $0.01\text{ cc (m1)}$ ／ショット以下の微量な潤滑油を正確且つ安定して分配供給すること

ができ、また、潤滑装置の構造を簡単に且つコンパクトにすることができる。以て、軸受内部に常時理想的な潤滑状態を得ることができ、軸受トルクの安定性が高まり、軸受温度の上昇も低く抑えられる。

【0013】また、前記多分配機構は、分配数に等しい数の潤滑油供給孔を有する分割ハウジングと、前記分割ハウジングに回転自在に当接し前記潤滑油供給孔に流路を順次連通させるローターバルブと、前記ローターバルブを回転させるモータとを備えて構成される。

【0014】より具体的には、前記分配ハウジングには潤滑油供給孔が円環状に設けられると共に、この円環中心に中心流路が設けられ、前記ローターバルブは回転中心から前記潤滑油供給孔位置のピッチ円直径(P C D)より大きな径位置まで、流路となる溝が設けられた構成としている。

【0015】この構成によれば、ローターバルブが回転することにより、分配ハウジングの中心流路と潤滑油供給孔がローターバルブの溝により順次連通し、個々の潤滑油供給孔に潤滑油が供給される。

【0016】また、前記分配ハウジングは、潤滑油を供給する軸受個数(分配数)に応じてラジアル方向に縦孔が設けられ、またスラスト方向からこの縦孔と同位相で且つ縦孔に貫通するように潤滑油供給孔が設けられている構成であってもよい。

【0017】この構成によれば、分配ハウジングの中心流路と潤滑油供給孔が連通されたときに、ラジアル方向の縦孔に潤滑油が供給される。

【0018】さらに、前記分配ハウジングには、潤滑油を供給する軸受個数(分配数)に応じて、軸心方向に対して斜め方向からローターバルブに設けられた溝に連通するように潤滑油供給孔が設けられている構成としてもよい。

【0019】この構成によれば、軸心方向に対して斜め方向に潤滑油供給孔が設けられているため、ラジアル方向への突出量が少なくなり、スペース効率に優れた構成ができる。

【0020】そして、多分配機構は、分配数に等しい数の潤滑油供給孔を有する分割ハウジングと、前記分割ハウジングに回転自在に当接し前記潤滑油供給孔に流路を順次連通させるローターバルブと、前記ローターバルブを回転駆動するシャフトと、前記シャフトをローターバルブ側に付勢するバネ材と、前記シャフトを回転自在に支持するスラストベアリングとを備えた構成としてもよい。

【0021】この構成によれば、スラストベアリングにより回転抵抗を減らしつつ、バネ材の弾性圧縮力によりローターバルブと分配ハウジングとの間の接触部からの潤滑油漏れを防止し、ローターバルブの溝から分配ハウジングの潤滑油供給孔に確実に潤滑油が供給される。

【0022】

【発明の実施の形態】以下、本発明に係る主軸の潤滑装置の好適な実施の形態を、図面を参照して詳細に説明する。図1は本発明の第1実施形態に係る主軸の潤滑装置の概略的な構成を示す図で、図2は図1の主軸装置についての具体的な構成を示す図である。

【0023】本実施形態の主軸の潤滑装置100は、軸5を回転支持する複数の軸受10a, 10b, 10c, 10dと、各軸受10a, 10b, 10c, 10dへそれぞれ潤滑油を吐出するノズル12a, 12b, 12c, 12dを有する主軸装置14と、超微量油潤滑ポンプ(潤滑油供給装置)16から供給される潤滑油を上記複数の軸受10a, 10b, 10c, 10dに接続された配管18に分配する多分配機構20を有する多分配機構付超微量油潤滑装置22と、各軸受10a, 10b, 10c, 10dに供給される潤滑油の供給ショット回数(間欠時間)と潤滑油を供給する配管18の選択を制御するコントローラ24とを備えて構成されている。

【0024】多分配機構付超微量油潤滑装置22から吐出される潤滑油は、多分配機構20に接続されている配管18を通り、ノズル12a, 12b, 12c, 12dから主軸装置14内の軸受10a, 10b, 10c, 10dに超微量(0.0005~0.01cc(m1)/ショット)で供給される。上記のように、本実施形態においては、複数の軸受10a, 10b, 10c, 10dに対してそれぞれ潤滑油を供給するため、多分配機構を有する潤滑装置が必要となる。

【0025】この主軸装置14の具体的な一例として、図2に一般的な工作機械用の主軸装置を示した。主軸装置14は、軸5と、この軸5を回転自在に支承する複数個(図示例では合計4個のアンギュラ玉軸受)の軸受10a, 10b, 10c, 10dと、各軸受の外側を覆うハウジング28とを備えている。軸受10a, 10bと軸受10c, 10dは、2個づつ組となって軸5の前側と後側とをそれぞれに分担して支承するように、軸方向に所定間隔をおいて配置されている。各軸受の外輪はハウジング28の内周面に固定され、最前部の軸受10aの外輪は外輪押さえ30を介して前蓋32に当接して係止され、最後部の軸受10dの外輪は外輪押さえ34を介してハウジング28にバネ36により軸方向前方に彈性付勢されつつ係止されている。また、各軸受の間に軸受を軸方向に固定するための円筒状の外輪間座38が設けられている。一方、各軸受の内輪は軸5の外周面に嵌合され、前側・後側のぞれぞれで、各軸受の間に、軸受を軸方向に固定するための円筒状の内輪間座40が設けられている。

【0026】上記構成の主軸装置14に対し、潤滑油が次のように供給される。即ち、多分配機構付超微量油潤滑装置22に供給側配管固定ジョイント26を介して接続された4本の配管18は、それぞれ主軸装置14のハウジング28に形成された配管案内溝42a, 42bを

通り、各軸受10a, 10b, 10c, 10d近傍に配置されたノズル12a, 12b, 12c, 12dに吐出側配管固定ジョイント44を介して接続される。各ノズル12a, 12b, 12c, 12dはハウジング28外周面側から各外輪間座38を貫通する取付孔に挿通して固定され、ノズルの先端は外輪間座38を貫通して内輪間座40との間の隙間空間に突出している。

【0027】この場合は、各軸受に対して1個のノズルが配設され、多分配機構付超微量油潤滑装置22により潤滑油の供給が4分配される。分配される数(配管の数)は、主軸装置14に使用される軸受の数と等しいか、若しくはそれ以上であればよい。なお、本実施形態における軸5は水平に支承されているが、例えばマシニングセンタに用いる場合では、垂直或いは傾斜して使用されることもある。

【0028】次に、多分配機構付超微量油潤滑装置22の具体的な構成を説明する。図3は本実施形態の多分配機構付超微量油潤滑装置22の構成を示す断面図である。この図に示すように、多分配機構付超微量油潤滑装置22の超微量油潤滑ポンプ16は、正特性の超磁歪素子からなる棒体46が、該棒体46の軸線方向一端部46aを予圧調整機構48を介してケース50に固定されている。この棒体46は、磁界が印加されると磁気歪現象(ジュール効果)によって軸線方向に伸長する。

【0029】予圧調整機構48は、例えば回転により棒体46の軸線方向に突出し、棒体46の一端部46aを押圧可能にしたネジ機構を用いることができる。棒体46の軸線方向他端部46bには、棒体46を予圧調整機構48側に付勢して棒体46の軸方向に対する隙間(遊び)を生じさせずに圧力伝達する圧力伝達部材52が配設され、この圧力伝達部材52を介して棒体46がピストン54に接続されている。ピストン54は、シリンダ56の内部に摺動自在に配設され、シリンダ56とピストン54によりポンプ室を形成している。

【0030】このシリンダ56にはポンプ室に潤滑油を供給するための吸入流路58が設けられ、吸入流路58の吸入口59までの流路の途中には、ポンプ室から潤滑油の流出を阻止する逆止バルブからなる吸入側チェック弁60が設けられている。また、シリンダ56にはポンプ室から吐出される潤滑油を排出するための排出流路62が設けられ、排出流路62の多分配機構20までの流路の途中には、ポンプ室への潤滑油の導入を阻止する逆止バルブからなる排出側チェック弁64が設けられている。

【0031】棒体46の外周には同軸状にコイル66が設けられ、さらにコイル66の外側には、棒体46とで磁気回路を形成する磁性材料からなるシリンダボディ67が設けられている。このシリンダボディ67はフロントカバー68とリアカバー69により係止されている。また、コイル66には、駆動回路77が電気的に接続さ

れ、駆動回路77は磁界発生のための電流を出力する。この電流がコイル66に印加されることにより、棒体46がコイル66から発生する磁界を受けて伸長し、吸入流路58を通じて供給されたポンプ室内の潤滑油が排出流路62を通じて多分配機構20に導入される。このときの1ショットあたりの吐出量は、0.0005[mcc(m1)]～0.01[mcc(m1)]と微量であり、また、その吐出圧力は1[MPa]以上で、間欠的に吐出される。そして、多分配機構20によって超微量油潤滑ポンプ16から吐出された潤滑油が各ノズル12a, 12b, 12c, 12dへ分配され、ノズル先端から吐出速度10[m/sec]～100[m/sec]で軸受に供給される。

【0032】ここで、多分配機構20を詳細に説明する。図4に図3の多分配機構20の構成を拡大して示した。多分配機構20は、リボルバー式バルブにより吐出された潤滑油を分配する機構であって、内部に排出流路62が形成された分配ハウジング70と、ローターバルブ72と、ローターバルブ72を内周に嵌挿するローターバルブ固定リング74と、先端部にフランジ部76aが形成されローターバルブ72を回転駆動させるシャフト76と、このシャフト76を支持するシャフトハウジング78と、シャフト76のフランジ部76aを分配ハウジング70側に押圧する皿バネ80と、この皿バネ80を介してシャフトハウジング78内でシャフト76を軸方向に回転自在に支持するスラストベアリング82を備えている。

【0033】また、多分配機構20のシャフト76は、カップリング84を介してモータ86に接続されている。モータ86は、回転位相(回転角度)が制御できるものであればどのようなものであっても使用でき、例えば、ステッピングモータ、DCモータ、インダクションモータ等が使用できる。このモータ86は、コントローラ24(図1参照)により制御され、分配数に応じて等分配角度(360°/分配数)でインデックス回転するようになっている。

【0034】分配ハウジング70は、図5に図4のA-A断面矢視図を示すように、配管固定ジョイント88を取り付けるための取り付け孔90が、潤滑油の分配数に応じて(分配数に等しい)ラジアル方向に設けられている。この図の場合は6分割用として6個の取り付け孔90が形成されている。各取り付け孔90には、分配ハウジング70の外周側から軸心に向けて順に、締め付け用のネジ部90aとテーパー部90bと縦孔90cが形成されている。また、各取り付け孔90の縦孔90cは、分配ハウジング70の中心から半径r1の位置にローターバルブ72に接触する面側からスラスト方向に縦孔90cと同位相で設けられた横孔110(図4参照)にそれぞれ貫通されている。一方、分配ハウジング70の中心には、ポンプ室からの排出流路62に接続された中心

流路63がスラスト方向に沿って直線状に形成されている。

【0035】ローターバルブ72は、図6に図4のB-B断面矢視図を示すように、円柱形状であり、分配ハウジング70と接触する側には、ローターバルブ72の中心部分からラジアル方向外方に向かって溝72aが形成されている。ここで、分配ハウジング70の円環状に配置された横孔110位置のPCD(ピッチ円直径:2r<sub>1</sub>)の半値r<sub>1</sub>は、ローターバルブ72のラジアル方向外方までの溝長さr<sub>0</sub>と略等しくなるように設定されている(r<sub>0</sub>=r<sub>1</sub>)。これにより、溝72aの潤滑油出口部分が横孔110と略一致する。即ち、分配ハウジング70には潤滑油供給孔となる横孔110が円環状に設けられると共に、この円環中心に中心流路63が設けられ、ローターバルブ72は回転中心から潤滑油供給孔(横孔110)位置のピッチ円直径(PCD)と略等しい径位置まで、流路となる溝72aが設けられた構成としている。また、分配ハウジング70のローターバルブ72との接触面は、研磨仕上げされ、表面粗さが小さいほど濡れに対して有利となるが、中心線平均粗さが0.4μm程度以下であれば問題はない。

【0036】ローターバルブ72は、図7に作動状態を模式的に示すように、中心流路63から潤滑油が溝72aの中心部側に導入されることで、導入された潤滑油を溝72aのラジアル方向外側の末端部分から横孔110を通じて排出する。そして、ローターバルブ72が図中矢印方向にインデックス回転することにより、溝72aの末端部分と連通する分配ハウジング70に設けられた横孔110が順次切り替わり、各横孔へ潤滑油が分配されることになる。

【0037】また、シャフトハウジング78には、シャフト76、皿バネ80、スラストベアリング82が挿入されており、シャフトハウジング78と分配ハウジング70とは図示しないシリンダーハウジングに固定される。従って、皿バネ80が圧縮するためにローターバルブ72と分配ハウジング70が所望の押し付け圧力を接觸することになる。このため、ローターバルブ72と分配ハウジング70の接觸部分からの潤滑油の洩れは発生しなくなる。また、押し付け圧力は、皿バネ80の剛性と隙間調整用間座によって調整でき、シャフトの回転トルクを計測することにより管理できる。さらに、スラストベアリング82を設けたことにより、シャフト76の回転抵抗が低減される。

【0038】本実施形態の場合では、ローターバルブ72は外径φ15mm、厚さ3mmの円柱形状であり、分配ハウジング70と接觸する面側には、深さ・幅共に1mm程度の溝(キー溝形状)72aが設けられ、この溝72aの潤滑油出口部分は、分配ハウジング70の横孔110のPCD(ピッチ円直径)と位置が略合うようになっている。なお、ローターバルブ72及び溝72aの寸法は、上記寸法に限定されず、分配ハウジング70の大きさや分配数によって適宜決定される。

【0039】また、ローターバルブ72は、PEEK(ポリエーテルエーテルケトン)樹脂材料を用いて形成しているが、摩擦係数が低く、耐変形性、耐摩耗性、及び耐油性に優れる材質であれば適用できる。例えば、ポリアミドイミド等のポリマー材料が使用可能である。

【0040】なお、配管固定ジョイント88は、図8(a)に示すようにPEEK樹脂等の樹脂材料からなるものや、図8(b)に示すようにステンレス材からなるものが使用可能である。(a)に示すPEEK樹脂のジョイントは、メイルナット部88aを取り付け孔90のネジ部90aと螺合させた際、先端のフェルール部88bが締め付けられることによってシールされる。また、(b)に示すステンレス材のジョイントは、ステンレスやPEEK樹脂等の弾性体からなるフェルール部88bが別体に構成され、メイルナット部88aの先端部に取り付けられ、このフェルール部88bをメイルナット部88aにより締め付けることでシールされる。これにより、20MPa(200kgf/cm<sup>2</sup>)の圧力までは接続部において潤滑油の漏れが生じることはない。

【0041】次に、本実施形態の主軸の潤滑装置100により潤滑油を軸受10a, 10b, 10c, 10dに供給する過程を説明する。まず、コントローラ24によって潤滑油が供給されるべき配管が選択される。即ち、ローターバルブ72がモータ86によって回転駆動され、ローターバルブ72の溝72aの出口部分と、選択された配管に通じる分配ハウジング70の横孔110の位置が一致する。そして、シリンダ56内のピストン54が前進することによって、シリンダ56内の潤滑油の圧力が上昇し、潤滑油は、排出側チェック弁64、分配ハウジング70の中央流路63、ローターバルブ72に設けられた溝72a、分配ハウジング70の選択された配管(潤滑油を供給する横孔110、取り付け孔90)、配管固定ジョイント88、そして、ノズルの順で導かれ、各ノズル12a, 12b, 12c, 12dから軸受10a, 10b, 10c, 10d内部の狙い位置にピンスポットで供給される。

【0042】なお、この一連の動作はコントローラ24によって制御される。また、主軸装置14の回転速度に応じて潤滑油吐出間隔を所望の間隔に制御することも可能である。従って、軸14の回転速度に応じて潤滑油供給間隔を変化させ、軸受内部に常時理想的な潤滑油供給を行うことができる。

【0043】このように、本実施形態の主軸の潤滑装置100によれば、多分配機構付超微量油潤滑装置22の構造が簡単で且つコンパクトに構成されており、配管との接続が確実で漏洩がないため、多分配機構付超微量油潤滑装置22の能力を十分に発揮させることができる。また、潤滑装置22に接続されたコントローラ24によ

って潤滑油の供給先が自在に選択でき、各軸受10a, 10b, 10c, 10dに対して所望の間欠時間(供給間隔)で潤滑油を供給することができる。さらに、軸の回転速度に応じて潤滑油供給間隔を変化させることができ、軸受内部を常時理想的な潤滑状態とすることができる。このため、軸受トルクの安定性に非常に優れ、軸受温度の上昇も低く抑えることができ、また、騒音レベルも低く抑えることができる。そして、実際に使用される主軸装置14では、使用される軸受の数を考慮すると、1台の多分配機構付超微量油潤滑装置22があれば、主軸装置14の1台分の潤滑油供給を十分に賄うことができる。

【0044】次に、本実施形態の多分配機構付超微量油潤滑装置の変形例を以下に説明する。図9は本変形例における多分配機構付超微量油潤滑装置の構成を示す断面図で、図10は図9の多分配機構の構成の拡大図である。ここで、前述と同一の機能を有する部材には同一の符号を付し、その説明は省略するものとする。本変形例の多分配機構付超微量油潤滑装置23の多分配機構21も、リボルバー式バルブにより吐出された潤滑油を分配する機構であって、ローターバルブ73に溝73aとの溝73aに接続される横孔73bを形成して、ローターバルブ73の前面側から導入した潤滑油を反対側の後面側から吐出する構成としている。

【0045】多分配機構21は、シリンダ56内側のポンプ室のピストン54の対面側に設けられた排出流路62に接続され中心位置に軸方向に沿って中心流路63が設けられた吐出ハウジング114と、ローターバルブ73と、ローターバルブ73を内周に嵌挿するローターバルブ固定リング75と、配管固定ジョイント88を軸心方向に対して斜めに固定し、シャフト76を内部に支持する分配ハウジング71と、ローターバルブ固定リング75をシリンダ56と分配ハウジング71との間で狭特させる分配ハウジング固定リング116と、吐出ハウジング114側と分配ハウジング71側の流路の位置合わせ用として用いられ、吐出ハウジング114及び分配ハウジング71に形成した開口穴とローターバルブ固定リング75に形成した開口孔に嵌挿される位置決めピン118とを有する。ここでは、位置決めピン118を2箇所に設けているが、3箇所以上設けた構成としてもよい。

【0046】この場合のローターバルブ73は、図11(a)に正面図、(b)にC-C断面矢視図を示すように、円柱形状であって、吐出ハウジング114と接触する側には、中心部分からラジアル方向外方に向かって溝73aが形成され、溝73aのラジアル方向外側の末端部分には、円柱の軸方向に横孔73bが表裏貫通して形成されている。

【0047】そして、図12に図10のD-D断面矢視図を示すように、分配ハウジング71には、配管固定ジ

ョイント88の取り付け孔91に接続される縦孔91cが円周上に複数(この場合は合計6個)形成されている。また、位置決め用ピン118により、分配ハウジング71の縦孔91cの位置と、ローターバルブ73の横孔73bの位置が合わせられる。この場合は、分配ハウジング71の縦孔91c位置のPCD(2r1)の半径r1がローターバルブ73の横孔73bの長さr0に略一致するように設定される。

【0048】この多分配機構21によれば、ローターバルブ73は、排出流路62から吐出された潤滑油が溝73aの中心部側に導入されることで、導入された潤滑油を溝73aのラジアル方向外側の末端部分から横孔73bを通じて排出する。そして、ローターバルブ73がモータ86によりインデックス回転されることにより、横孔73bと連通する分配ハウジング71に設けられた縦孔91cが順次切り替わり、各縦孔へ潤滑油が分配されることになる。

【0049】本実施形態の場合では、ローターバルブ73は外径φ15mm、厚さ5mmの円柱形状であり、吐出ハウジング114と接触する面側には、深さ・幅共に1mm程度の溝(キー溝形状)73aが設けられ、この溝73aの潤滑油出口部分には、内径φ1mmの横孔73bが軸方向に形成されている。なお、ローターバルブ73及び溝73a、横孔73bの寸法は、上記寸法に限らず、分配ハウジング71の大きさや分配数によって適宜決定される。

【0050】また、ローターバルブ73は、PEEK樹脂材料を用いて形成しているが、摩擦係数が低く、耐変形性、耐摩耗性、及び耐油性に優れる材質であれば適用できる。例えば、ポリアミドイミド等のポリマー材料が使用可能である。

【0051】この変形例の構成においても、前述した同様の効果が得られると共に、配管固定ジョイント88を軸心方向に対して斜め方向から接続するため、スペース効率に優れた構成にでき、装置をよりコンパクトにすることが可能になる。

【0052】

【実施例】上記の多分配機構付超微量油潤滑装置を用いた場合の軸受の回転性能試験結果を以下に説明する。まず、本実施形態の主軸装置14を用いて回転試験を実施し、主軸装置14の超微量油潤滑ポンプ16による潤滑方式と従来のオイルエア潤滑方式との比較を行った。

【0053】軸受には、外輪径:160mm、内輪径:100mm、転動体ピッチ円径d<sub>0</sub>:132.5mm、外内輪溝曲率:5.2-5.6%、接触角:20度、内外輪材質:SUJ2、転動体材質:Si<sub>3</sub>N<sub>4</sub>のものを使用した。そして、潤滑油:鉛油VG22(動粘度:40°Cで22cSt)、アキシアル荷重:980N、ノズル数:従来のオイルエア潤滑の場合は3個、超微量油潤滑ポンプの場合は1個で0~15000rpm(一部1900

## 11

0 rpm、 $d_m \cdot N = 250$ 万)で軸回転速度と軸受トルクとの関係、軸回転速度と外輪温度上昇との関係、軸受トルク変動の比較、騒音レベルの比較、超微量潤滑油吐出状態の可視化観察(ビデオ録画画像)等の試験を行った。

【0054】図13は軸回転速度と軸受トルクとの関係を示すグラフである。図中オイルエア潤滑方式の場合は、3本のノズルから1ショットあたり、それぞれ0.03cc(m1)の潤滑油を8min間隔で、超微量油潤滑方式の場合は、1本のノズルから1ショットあたり、0.002cc(m1)の潤滑油をそれぞれ10sec、40sec、1sec間隔で吐出した場合のデータに対応し、単位時間あたりの吐出油量は、それぞれ0.01125cc(m1)/min、0.012cc(m1)/min、0.12cc(m1)/minである。

【0055】従来のオイルエア潤滑方式では、回転速度15000rpm( $d_m \cdot N = 200$ 万)において、軸受トルクが0.18N·mであるのに対して、本発明の超微量油潤滑方式では、0.14N·mと低く、さらに19000rpm( $d_m \cdot N = 250$ 万)でも、軸受トルクは0.16N·mであり、本発明の装置の方が低トルクになる。

【0056】図13のトルク特性から、供給油量が0.003cc(m1)/min～0.12cc(m1)/minの範囲では、超微量油潤滑の場合のトルクは、回転速度12000～15000rpmを境に、これより高速では供給間隔が短い方、即ち単位時間あたりの供給油量が多い方がトルクは小さくなる。これは、高速下での温度上昇による油膜形成能力の減少を防ぐにはある程度の潤滑油量が必要となるためである。即ち、使用回転速度により、最適となる潤滑油量、潤滑油供給間隔、吐出油量が存在する。最高回転速度に合わせて、この回転速度での最適潤滑油量、潤滑油供給間隔、吐出量を設定することも可能であるが、潤滑油量を多く供給すると、低速回転時において軸受トルクが大きくなり過ぎることがある。この場合には、回転速度に合わせて制御装置が回転速度ごとに潤滑油量、潤滑油供給間隔、吐出油量等を最適条件として潤滑油を供給することが望ましい。

【0057】次に、図14は軸回転速度と外輪温度上昇との関係をグラフにしたものである。このグラフから分かるように、外輪温度上昇に対しても超微量油潤滑方式の方が従来のオイルエア潤滑方式に比べて低温になる。本図14及び前図13には、オイルエア潤滑方式の場合に、回転速度15000rpmまでのデータしか示していないが、これは、15000rpm～17000rpmに昇速中、温度上昇の勾配が急になり、外輪温度上昇が60°Cを超えたために試験を中断したためである。即ち、超微量油潤滑方式は、オイルエア潤滑方式に比べ、トルクが小さく温度上昇を抑えることができ、高速回転

## 12

が可能となる。なお、低速回転時に潤滑油の供給過多による軸受温度上昇が問題となる場合は、この対策として、超微量油潤滑ポンプ16では、潤滑油供給量の制御が可能である。

【0058】次に、図15は潤滑油供給時の軸受トルク及び軸受温度の推移を調査した結果を示すグラフである。ここで、(a) オイルエア潤滑方式は、3本のノズルから1ショットあたり0.03cc(m1)の潤滑油を8min間隔で0.01125cc(m1)/min吐出した場合、(b) 超微量油潤滑方式は、1本のノズルから1ショットあたり0.002cc(m1)の潤滑油を10sec間隔で0.012cc(m1)/min吐出した場合のデータである。従来のオイルエア潤滑方式では、8minに1回の割合で約0.03cc(m1)の潤滑油を3本のノズルで供給しているが、図15(a)に示すように、潤滑油の供給後に軸受トルク変動が顕著に現れ、それに対応して軸受温度が上昇している。これに対して、超微量油潤滑方式では、単位時間あたりの潤滑油量は殆ど等しいが、1回の供給油量が極めて少なく、供給間隔が短いため、どこが供給時であるか分からぬほど、軸受トルク及び軸受温度が殆ど変動していない。

【0059】次に、図16は本実施形態の超微量油潤滑ポンプと従来の装置の騒音レベルを比較したグラフである。このときの潤滑条件も前記の図15と同じである。このグラフから分かるように、本実施形態の主軸装置においては圧縮エアを用いていないので、従来のオイルエア潤滑方式と比べて騒音レベルが低くなっている。

【0060】以上詳細に説明したように、本実施形態の30主軸装置14によれば、超微量油潤滑ポンプ16を備え、ノズルの角度及び位置を最適に設計することにより、ピン・スポット供給で軸受内部内の希望する場所に超微量(0.0005～0.01cc(m1)/1ショット)の潤滑油を数十秒間隔で直接給油することができる。また、ノズルからの吐出速度(10～100m/sec)が速いため、高速回転時に発生するエアカーテンの影響を受けずに確実に軸受内部に潤滑油を供給することができる。そして、回転速度に応じて、潤滑油供給間隔、潤滑油量を制御装置により変化させることができる40ため、主軸回転速度に影響されず、主軸回転に対して常に適正油量の潤滑油の供給が可能となる。

【0061】これにより、軸受内部に常時理想的な潤滑状態を得ることができるために、軸受トルクの安定性に非常に優れた構成ができる。また、軸受温度の上昇も低く抑えられる。また、潤滑油は確実に軸受内部に供給されるため、潤滑油供給効率が良く、潤滑油消費量も少なくなる。このため、超微量油潤滑方式は、従来のオイルエア潤滑方式よりも高速域まで回転可能である。

【0062】また、圧縮エアを用いないため、騒音レベルが小さくオイルミストが殆ど発生しない。また、潤滑

油吐出口センサ、ノズル等目詰まりセンサが装置本体に組み込まれているために、トラブルの発生を回避できる。

【0063】上記の事柄をまとめると、超微量油潤滑を用いることにより、従来のオイルミスト潤滑方式、オイルエア潤滑方式、ジェット潤滑方式等に使用される潤滑油強制潤滑装置、熱交換器、潤滑油回収装置、圧縮エア等付帯設備を簡略化でき、また騒音レベルを低く抑えることができ、さらに潤滑油消費も少ないとから環境に配慮でき、また軸受トルクの低トルク化、及び安定性に優れ、軸受温度上昇が低いことから主軸の回転精度を向上できる。従って、従来の潤滑方法より優位性の高い小型の主軸の潤滑装置を提供できる。

【0064】なお、本実施形態において、超微量油潤滑ポンプ16には超磁歪素子を用いたが、この超磁歪素子に限らず、電歪素子、電磁石と皿ばね等の組み合わせ、その他メカニカルな手段を用いたもの等による超微量油潤滑であっても、吐出速度10~100m/secで0.0005~0.01cc(m1)/ショットの微量油を吐出せれば同じ性能が得られる。また、正特性の超磁歪材料の他にも、双方向特性の磁歪材料であっても同様にして伸縮作用を利用したポンプを形成することができる。さらに、上記の潤滑装置は図1に示す主軸装置に限らず、様々なトルク変動や温度上昇が小さいことが要求される高速回転の主軸装置に使用可能である。

【0065】次に、超微量油潤滑ポンプ16の性能試験を行った様子を説明する。図17は、超微量油潤滑ポンプ16の性能試験時における実施態様を示す概略図である。ここでは、潤滑油の吐出状態をCCDカメラにより可視化してビデオ録画したノズル12の主軸高速回転時におけるエアカーテンの影響、配管内径及び配管長さと吐出速度の関係、配管内径及び吐出油量の関係をそれぞれ調査した結果を説明する。なお、配管材質としては、オーステナイト系ステンレス鋼SUS316等の金属、及びPEEK等の樹脂材料を用いたが、この他にも一般的な鉄・鋼系材料、アルミ・銅系の非鉄金属材料、プラスチック材料やセラミック材料等であっても適用可能である。

【0066】ここでの試験は、ノズル先端と軸受との距離を通常(10mm前後)より長く約50mmの間隔を取ることで、条件をより厳しく、即ちエアカーテンの影響を受けやすい状態で実施した。軸受内部への潤滑油供給は、転動体内輪軌道面の接触部分を潤滑するように設定し、潤滑油供給状態を可視化、ビデオ録画を行った。可視化装置120は、ストロボ122と、CCDカメラ124と、ストロボ122とCCDカメラ124とを制御する制御装置126と、CCDカメラ124からの映像信号を記録するビデオ128と、ビデオ128で録画された映像を表示するモニタ130とから構成されている。

【0067】この可視化装置120により、ノズル12から潤滑油が吐出されたときの潤滑状態をストロボ観察した。潤滑油は、鉱油VG22(動粘度:40°Cで22cSt)を用いた。

【0068】上記環境下で性能試験を行った結果を図18に示す。図18は配管長さに対する吐出量の変化を示すグラフで、多分配機構を使用した場合の合計6個の配管それぞれに対する変化と多分配機構を使用していない場合の変化を示している。このグラフに示されるように、多分配機構を用いた場合も、用いない場合も吐出量に殆ど差は認められず、多分配機構を用いた場合の合計6個の配管についても吐出量に殆ど差が認められなかつた。このように、多分配機構を付加した場合であっても同等の性能を維持しつつ、各配管に略均等に潤滑油を分配することができる。

#### 【0069】

【発明の効果】本発明に係る主軸の潤滑装置は、潤滑油供給装置とノズルとの間に設けられ、複数の軸受に吐出速度10m/sec以上100m/sec以下、吐出量0.0005cc(m1)/ショット以上0.01cc(m1)/ショット以下の微量な潤滑油を分配供給する多分配機構を備えたことにより、複数の軸受に対して微量な潤滑油を正確且つ安定して分配供給することができ、また、潤滑装置の構造を簡単に且つコンパクトにすることができる。以て、軸受内部に常時理想的な潤滑状態を得ることができ、軸受トルクの安定性が高まり、軸受温度の上昇も低く抑えられる。

#### 【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の第1実施形態に係る主軸の潤滑装置の概略的な構成を示す図である。

【図2】図1の主軸装置についての具体的な構成を示す図である。

【図3】多分配機構付超微量油潤滑装置の構成を示す断面図である。

【図4】図3における多分配機構の構成の拡大図である。

【図5】図4のA-A断面を示す断面矢視図である。

【図6】図4のB-B断面を示す断面矢視図である。

【図7】ローターバルブの作動状態を模式的に示す図である。

【図8】配管固定ジョイントを示す斜視図である。

【図9】第1実施形態の変形例における多分配機構付超微量油潤滑装置の構成を示す断面図である。

【図10】図9の多分配機構の構成の拡大図である。

【図11】ローターバルブを示す図であって(a)は正面図で(b)はC-C断面矢視図である。

【図12】図10のD-D断面を示す断面矢視図である。

【図13】軸回転速度と軸受トルクとの関係を示すグラフである。

【図14】軸回転速度と外輪温度上昇との関係を示すグラフである。

【図15】潤滑油供給時の軸受トルク及び軸受温度の推移を調査した結果を示すグラフである。

【図16】本発明の超微量潤滑油ポンプと従来の装置の騒音レベルを比較したグラフである。

【図17】超微量油潤滑ポンプの性能試験時における実施態様を示す概略図である。

【図18】配管長さに対する吐出量の変化を示すグラフである。

#### 【符号の説明】

##### 5 軸

10a, 10b, 10c, 10d 軸受  
12a, 12b, 12c, 12d ノズル

##### 14 主軸装置

16 超微量油潤滑ポンプ（潤滑油供給装置）

##### 18 配管

20, 21 多分配機構

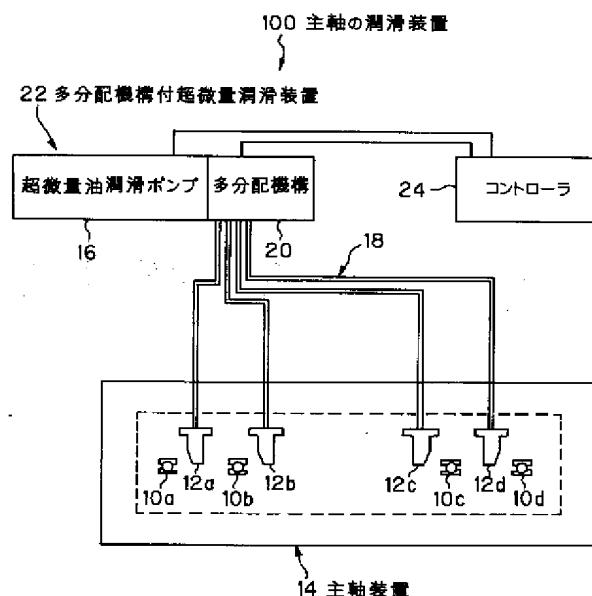
22, 23 多分配機構付超微量油潤滑装置

##### 24 コントローラ

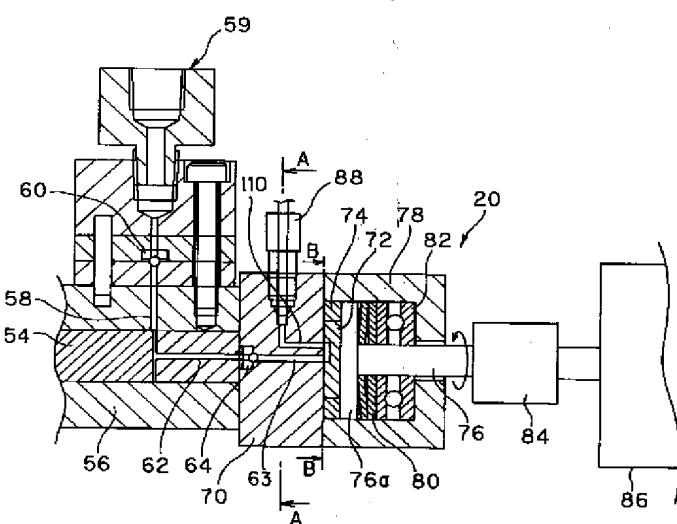
##### 26 供給側配管固定ジョイント

- 16  
28 ハウジング  
70, 71 分配ハウジング  
72, 73 ローターバルブ  
72a 溝  
73 ローターバルブ  
73b 横孔  
73a 溝  
76 シャフト  
80 皿バネ  
10 82 スラストベアリング  
86 モータ  
90, 91 取り付け孔  
90c, 91c 縦孔  
100 潤滑装置  
110 横孔  
111 横孔  
114 吐出ハウジング  
r<sub>0</sub> ローターバルブ中心からラジアル方向外方までの溝長  
20 2r<sub>1</sub> 分配ハウジングの横孔位置のピッチ円直径

【図1】

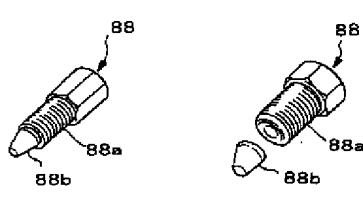
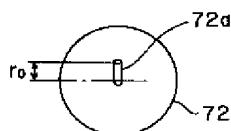


【図4】



【図8】

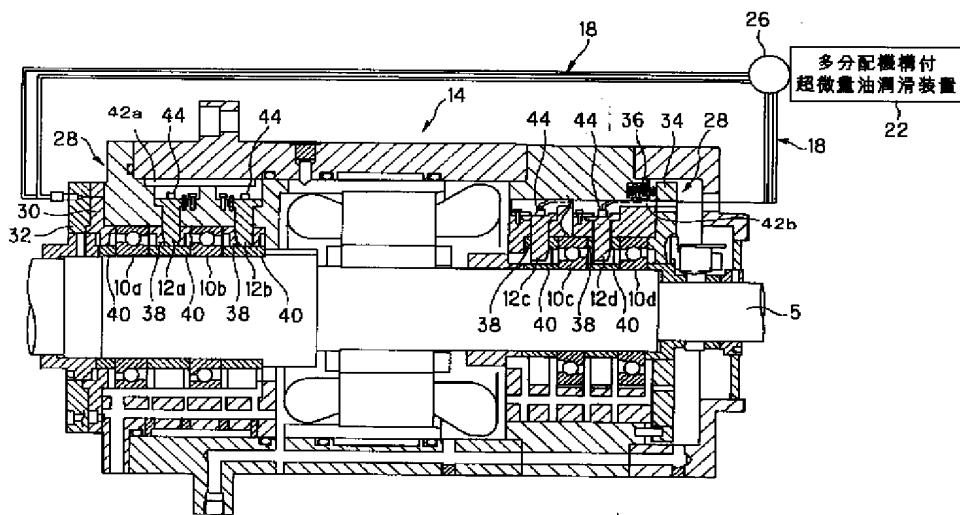
【図6】



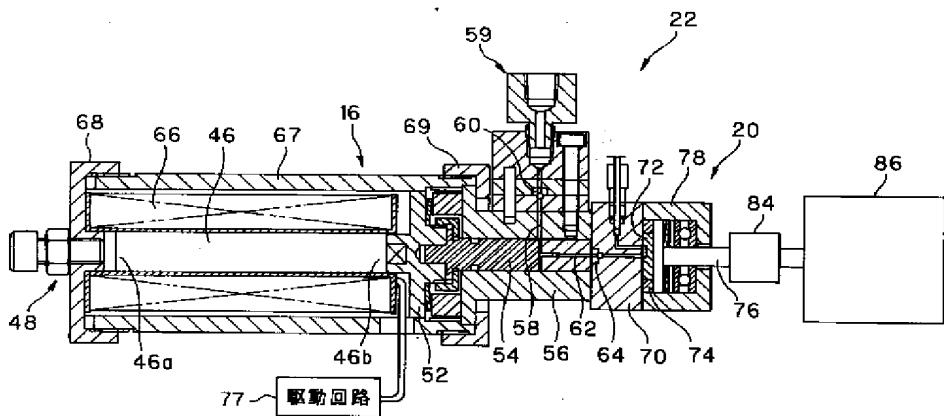
(a)

(b)

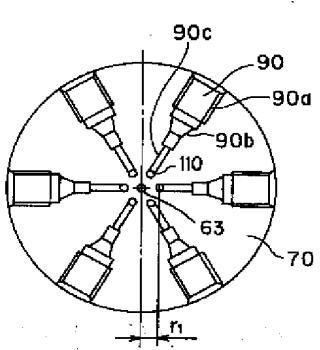
【図2】



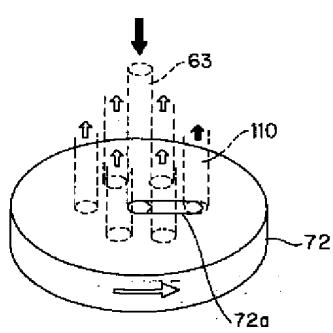
【図3】



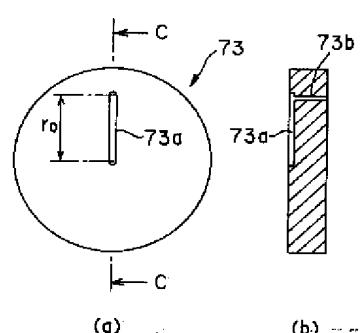
【図5】



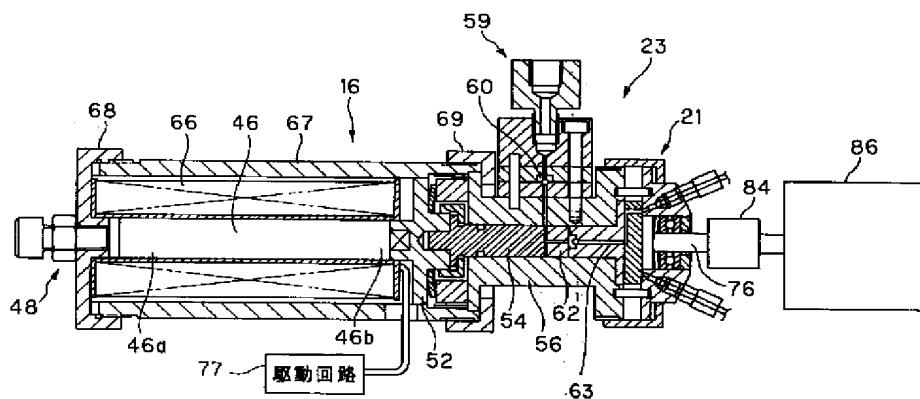
【図7】



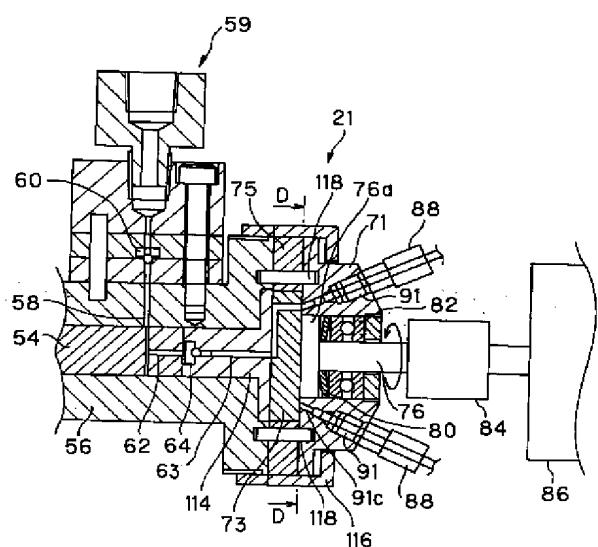
【図11】



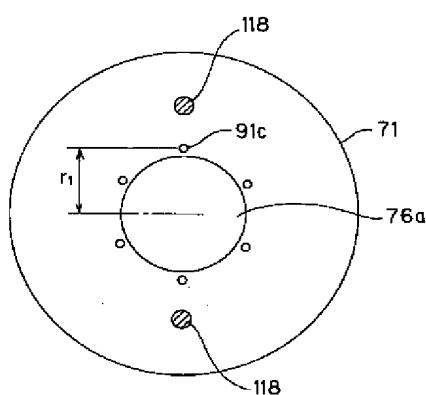
【図9】



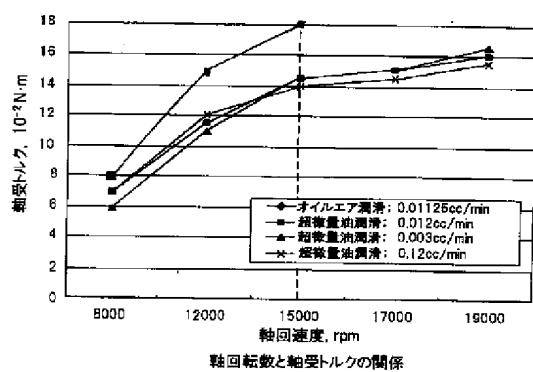
【図10】



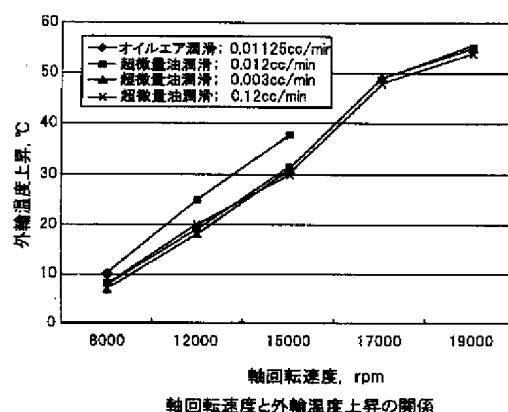
【図12】



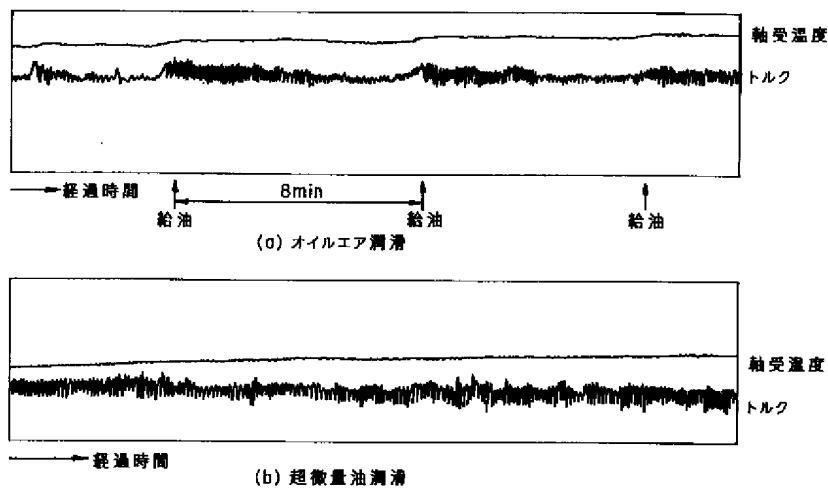
【図13】



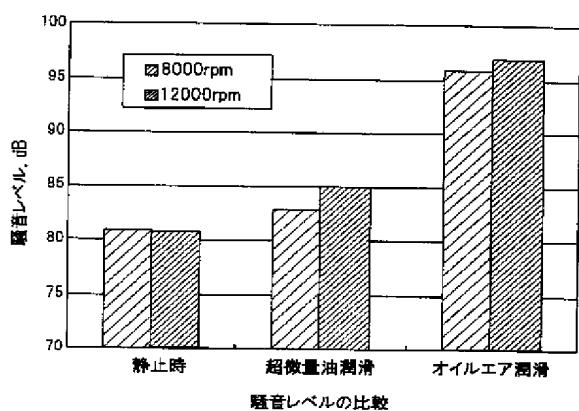
【図14】



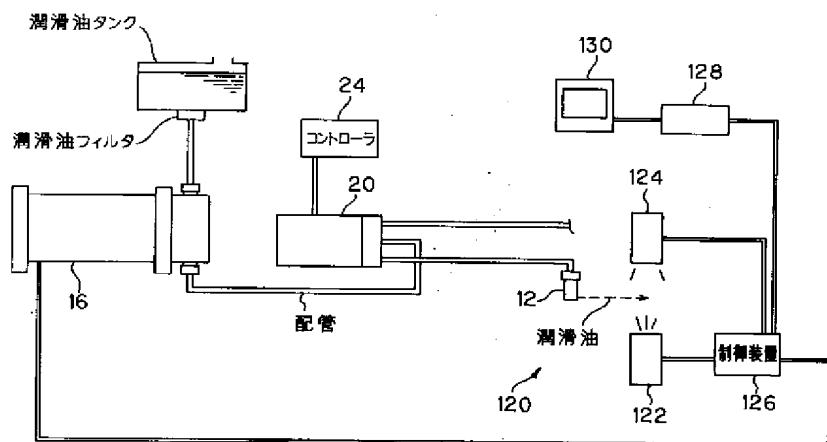
【図15】



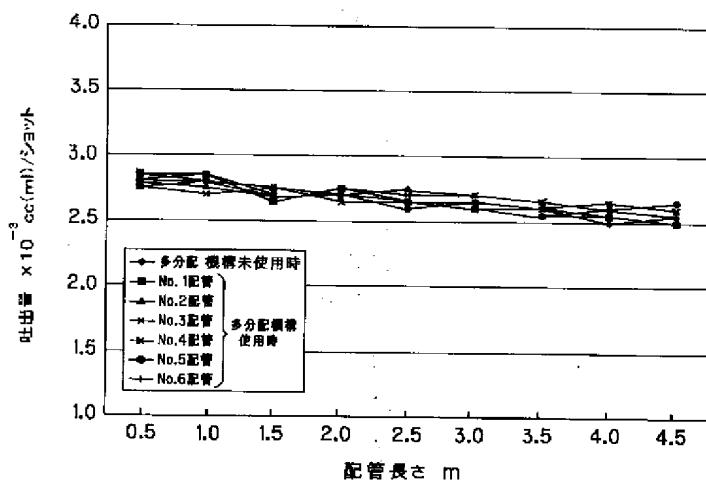
【図16】



【図17】



【図18】



フロントページの続き

(72)発明者 杉田 澄雄

神奈川県藤沢市鵠沼神明1丁目5番50号  
日本精工株式会社内

F ターム(参考) 3C011 FF06

3H071 AA03 BB01 CC17 CC27 DD26  
3J101 AA02 AA42 AA54 AA62 BA71  
CA07 FA32 GA31

**PAT-NO:** JP02002130589A  
**DOCUMENT-IDENTIFIER:** JP 2002130589 A  
**TITLE:** SPINDLE LUBRICATION DEVICE  
**PUBN-DATE:** May 9, 2002

**INVENTOR-INFORMATION:**

<b>NAME</b>	<b>COUNTRY</b>
SUGIYAMA, KENICHI	N/A
NAWAMOTO, HIROTUNA	N/A
SUGITA, SUMIO	N/A

**ASSIGNEE-INFORMATION:**

<b>NAME</b>	<b>COUNTRY</b>
NSK LTD	N/A

**APPL-NO:** JP2000324213

**APPL-DATE:** October 24, 2000

**INT-CL (IPC):** F16N007/38 , B23Q011/12 ,  
F04B053/10 , F16C033/66

**ABSTRACT:**

PROBLEM TO BE SOLVED: To provide a spindle lubrication device for a spindle stock that can distribute a super-trace amount of lubricant equally and steadily to multiple bearings from one lubrication device without fail.

SOLUTION: The lubrication device 100 for the spindle stock wherein the inner and outer rings of the bearings relatively rotate by their rolling elements is provided with a spindle, two or more bearings 10a-10d whose inner ring I.D. faces isolatively fit around the spindle in its axial direction, a housing that fits around the outer ring O.D. faces of the bearings, nozzles 12a-12d that discharge lubricant to the bearings, and a lubrication pump 16 to supply a super-trace amount of lubricant to the nozzles. A multiple-distribution mechanism 20 is located between the lubrication pump 16 and the nozzles 12a-12d to supply a trace amount of lubricant to a plurality of the bearings at the discharge rate faster than 10 m/sec and slower than 100 m/sec and the discharge amount more than 0.0005 cc (ml)/shot and less than 0.01 cc (ml)/shot.

COPYRIGHT: (C) 2002, JPO